



# ビデオカメラを用いたデジタルキャンパスにおける 歩行者挙動の再現手法に関する研究

A Study on Reproduction Methods of Pedestrian Behavior on Digital Campus Using Video Camera

大内誠悟<sup>1)</sup>, 中原匡哉<sup>2)</sup>

Seigo OUCHI and Masaya NAKAHARA

- 1) 大阪電気通信大学院 総合情報学研究科 (〒575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70, mt25a002@oecu.jp)
- 2) 大阪電気通信大学 総合情報学部 (〒575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70, nakahara@osakac.ac.jp)

**概要**：コロナ禍以降、いつでもどこからでも校内を見学できるデジタルキャンパスが普及し始めている。このデジタルキャンパスの多くでは、体験者が自由に校内を見学しながら、随所に設置されたパネルやNPCの説明を閲覧する体験方法が主流である。しかし、学生や教員等の挙動が再現されておらず、入学希望者が普通の学内の様子を確認することができない。そこで著者らは、LiDARを用いて歩行者の3次元的な挙動を計測し、VR空間上に再現する手法を提案している。しかし、日常での手足の挙動や座る動作などの再現が不十分である。そこで、本研究では深層学習を用いてビデオカメラの映像上から学内の歩行者の挙動を認識し、VR空間上に再現することでより臨場感を向上する手法を提案する。

**キーワード**：デジタルキャンパス, 歩行者流映像処理, 深層学習

## 1. はじめに

近年、コロナ禍の影響により、感染拡大の防止のため人と人との直接的な接触が制限され、多くの対面型のイベントが中止や延期、あるいは参加人数を制限することを余儀なくされた。これにより、社会全体でオンラインを活用した対策が急速に拡大し、特に教育機関ではオープンキャンパスや学祭の開催にも大きな影響を受けた。キャリア進学が実施したアンケート[1]によると、コロナ禍での来場型オープンキャンパスの参加率が減少し、デジタルキャンパスを活用したオンライン型オープンキャンパスの参加率が増加している。デジタルキャンパスとは、大学をVR空間上に表現し、ユーザが大学内を探索することで、遠隔地からVR空間上で見学できる仕組み[2]である。オープンキャンパスの参加形態に関するアンケート調査[3]によると、遠隔地出身の学生はオンラインの利用割合が多く、近隣住民の学生は対面で参加している割合が多いことが報告されている。そのため、各教育機関でのデジタルキャンパスの構築の需要が高まっている。このデジタルキャンパスでは、一般的に現実空間の構造物をVR空間上に手作業で構築して再現することが多く、多大な時間やコストがかかる。そのため、既存研究[4]では、無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle)を用いて撮影した画像を基に3Dモデルを生成し、

Web上で可視化する手法が提案されている。しかし、既存のデジタルキャンパスには、校内にNPC(Non Player Character)を配置していることはあるが、実際の学生や教員の動きまでは再現されていない。そのため、大学を選ぶ際に判断材料となる普通の大学生活の雰囲気や食堂内での賑やかさなどをイメージすることが困難となっている。このことから、キャンパス内の様相を再現するだけでなく、普段の利用風景も含めることで、デジタルキャンパスの臨場感を向上する必要がある。

そこで著者らは、LiDAR(Light Detection And Ranging)を用いて、歩行状態を考慮した歩行者の流動を再現する手法[5]を提案している。本手法では、点群データから歩行者を追跡し、移動軌跡を基に歩行状態と流動を再現でき、被験者の臨場感を向上できたことが報告されている。しかし、手足の挙動や座る動作などの歩行者の挙動(以下、歩行者挙動)を再現できていない。そのため、食堂やロビーでの学生が集まりやすい場所での普通の賑やかさや臨場感を体験することができない。そこで本研究では、深層学習を用いて、ビデオカメラの映像中から人物の骨格の動きを推定し、歩行者挙動をデジタルキャンパス上に再現する手法を提案する。

## 2. 提案手法

提案手法(図1)は、歩行者挙動再現機能と歩行者挙動可視化機能により構成される。入力データは、ビデオカメラで撮影した映像(図2)と建物の3Dデータとし、出力データは、建物の3Dデータ上に歩行者挙動を再現したキャンパス内のVR空間とする。

### 2.1 歩行者挙動再現機能

本機能では、撮影した映像から PromptHMR (Promptable Human Mesh Recovery) [6]を用いて、歩行者挙動を再現した3Dモデルを出力する。PromptHMRとは、深層学習を用いて1視点から撮影した映像中からカメラと被写体の人物の位置関係を推定した上で、人物の3次元の骨格の動きを推定可能な技術である。まず、PromptHMRにより歩行者を検出、追跡する。ただし、5フレーム間歩行者を検出できなかった場合は、画面外に流出したと想定して追跡を終了する。そして、追跡した歩行者の動きを3Dモデルとして出力する(図3)。本機能により、既存手法[5]では再現できなかった手足の動きや座る動作などを再現可能となる。

### 2.2 歩行者挙動可視化機能

本機能では、建物の3Dデータ上に歩行者挙動を再現したVR空間(図4)を出力する。まず、歩行者挙動再現機能で出力した3Dモデルの動きを事前に用意したアバターの3Dモデルに付与する。そして、建物の3Dデータの縮尺に合わせて各アバターを手動で配置する。

## 3. 実証実験

本実験では、提案手法で出力した歩行者挙動をキャプチャした映像と既存手法[5]で出力した歩行者流動をキャプチャした映像を含め3種類の映像を対象に、大学生15人に各映像の臨場感に関するアンケートを実施し、提案手法の有用性を確認する。

### 3.1 実験内容

本実験では、評価対象の動画として、一定時間内に通過した人数の統計から作成し、歩行状態と移動速度が一定で一方方向に動かしアバターをキャプチャした映像(図5)

(以下、統計映像)、既存手法[5]で出力した歩行者流動をキャプチャした映像(図6)(以下、既存手法の映像)、提案手法で出力した歩行者挙動をキャプチャした映像(以下、提案手法の映像)の3種類を用意した。アンケートでは、各映像に対して「アバターの動作(手足の動き方)に違和感があるか」、「移動の仕方に違和感があるか」、「実際の人の動きに見えるか」と「日常感を感じるか」の4つの問と映像に対して感じたことを自由記述で回答させるものとした。加えて、全体の映像に対して「最も違和感がなかったもの」、「最も日常感を感じたもの」、「最も違和感があったもの」と「最も日常感を感じないもの」を3種類の映像から選択し、その理由を自由記述で回答させるものとした。これらのアンケートの内容は、既存研究[5]のアンケートと同様の内容で作成した。

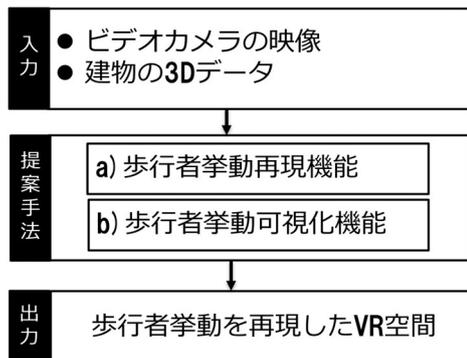


図1: 処理フロー



図2: 入力データのビデオカメラの映像



図3: 歩行者挙動再現機能の出力結果



図4: 歩行者挙動可視化機能

### 3.2 結果と考察

全体の映像に対する違和感と日常感に関するアンケートを表1, 表2に示す。表1に確認すると、統計映像が最

も違和感があると回答された。一方で提案手法の動画像が最も違和感がないと回答した被験者が約 7 割を占める結果となった。表 2 を確認すると、提案手法の映像が最も日常感があると回答された。一方で、統計映像が最も日常感がないと回答された。以上の結果から、提案手法は、既存手法よりも歩行者挙動を再現でき、日常感が向上したことがわかる。これにより、提案手法の有用性を確認できる。ただし、歩行者挙動を再現した 3D モデルのフィールドが提案手法と既存手法の間で異なるため、同一の環境下を対

象とした場合に被験者に与える影響を合わせて調査する必要がある。

各映像のアンケート結果を図 7、図 8 と図 9 に示す。図 7 を確認すると、アバターの移動時の挙動に違和感があると回答した人が過半数を占める結果となった。これは、アバターの動きの速度が一定であるためと考えられる。一方で、日常感を感じないと回答した被験者は過半数を占める結果となった。これは、アバターの経路が直線的で単調な動きであったためと考えられる。

図 8 を確認すると、違和感がないと回答した被験者は過半数を占める結果となった。これは、実際の歩行者の歩行



図 5: 統計映像



図 6: 既存手法 [5]

表 1: 違和感に関するアンケート結果

アンケートに用いた映像	違和感がある映像	違和感がない映像
統計映像	12 人	1 人
既存手法	3 人	3 人
提案手法	0 人	11 人

表 2: 日常感に関するアンケート結果

アンケートに用いた映像	日常感がある映像	日常感がない映像
統計映像	0 人	13 人
既存手法	0 人	2 人
提案手法	15 人	0 人

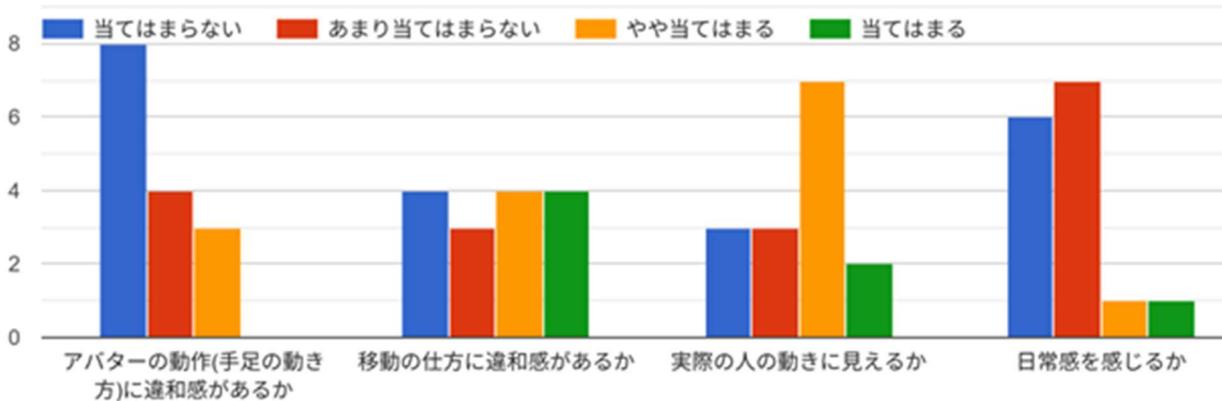


図 7: 統計映像のアンケート結果

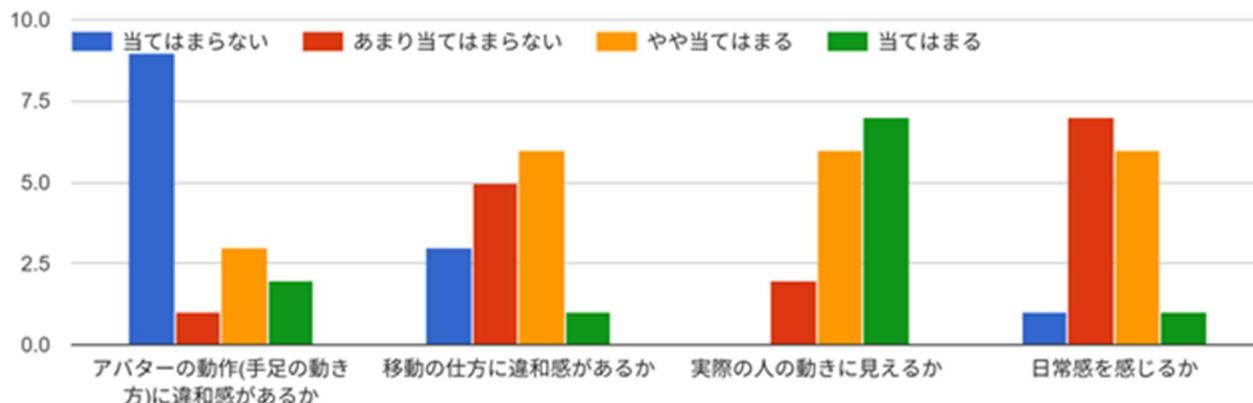


図 8: 既存手法のアンケート結果

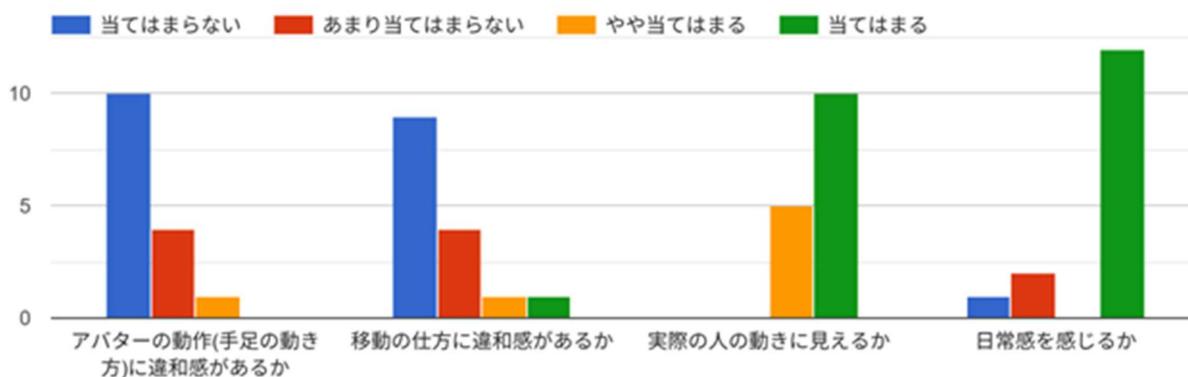


図 9: 提案手法のアンケート結果

速度と挙動が再現できたためと考えられる。一方で、実際の人物の動きに見えると回答した被験者が過半数を占める結果となった。これは、歩行者流動の動きが再現できているため、実際の歩行者の動きに近いように見えたためと考えられる。しかし、日常感がないと回答した被験者が過半数を占める結果となった。これは、歩く動作と走る動作以外の動作がないため、実際の歩行者の動きから乖離し、日常感を感じることができなかつたためと考えられる。

図 9 を確認すると、実際の人物に見えると回答した被験者が約 7 割を占める結果となった。これは、歩行者の足を組む動作や手の動きを再現できているためと考えられる。また、日常感があると回答した人が約 8 割を占める結果となった。これは、複数の歩行者の動きが同調し、談笑している様子を再現できているためと考えられる。

以上のことから、提案手法で生成した 3D 空間では、アバターの動きが実際の歩行者挙動を再現できていることがわかる。そのため、提案手法を用いることで既存手法よりも臨場感を向上させることが可能なことがわかる。ただし、対象とした建物の 3D モデルの違いや歩行者同士の動きがアンケート結果に影響を与えている可能性があるため、同一の建物でかつ、近い実験条件下での比較を行い、より正確な検証を行う必要があると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、ビデオカメラを用いて、人物の骨格を推定することにより、座る動作や手の動きなどの動作を再現する手法を提案した。そして、実証実験をとおして、提案手法の有用性を確認した。今後は、より実験条件が近い環境下で再度アンケートを行い、LiDAR とビデオカメラのどちらを用いる方がデジタルキャンパスの構築に適しているか確認する必要がある。また、提案手法では、建物の 3D モデルに合わせて、歩行者の 3D の挙動の位置と縮尺を手動で合わせている。ただし、キャンパス全域を対象とする場合、手動で位置と縮尺を合わせるのは困難である。そのため、映像中から得られる特徴を基に 3D モデルの位置と縮尺に合わせて歩行者挙動を推定する手法へ改良する必要がある。また、建物の 3D モデルの作成にも膨大な時間

を要するため、より簡便に作成しつつ、リアリティの高い 3D 空間を構築する手法[7]と組み合わせることで、臨場感の高いデジタルキャンパスを容易に構築する手法へと昇華する予定である。一方で、歩行者挙動に着目すると、1 視点のビデオカメラによる撮影であるため、ビデオカメラと被写体の間に地物があると歩行者挙動の推定が困難となるため、複数の視点から撮影した映像から得られた歩行者挙動をマージしたり、歩行者挙動を補間したりすることで、より高精度な歩行者挙動を再現することで、より臨場感を向上させることを目指す。

#### 参考文献

- [1] キャリタス進学：コロナ禍での高校生のオープンキャンパス参加状況・受験への不度, [https://www.disc.co.jp/wp/wp-content/uploads/2021/09/shingakuchosa\\_202109.pdf](https://www.disc.co.jp/wp/wp-content/uploads/2021/09/shingakuchosa_202109.pdf), 2025.7.10.
- [2] UT-virtual：バーチャル東大, <https://vr.u-tokyo.ac.jp/virtualUT/>, 2025.7.10.
- [3] 林如玉, 宮本友弘, 倉元直樹, 長濱裕幸：オープンキャンパスの参加形態が志望決定に及ぼす影響, 大学入試研究ジャーナル, 第 35 号, pp. 31–38, 2025.
- Gao, R., Yan, G., Wang, Y., Yan, T., Niu, R., Tang, T.C.: Construction of a Real-Scene 3D Digital Campus Using a Multi-Source Data Fusion: A Case Study of Lanzhou Jiaotong University, ISPRS, ISPRS Int. J. Geo-Inf, Vol. 14, No. 1, 19, 2025.
- [4] 大内誠悟, 中原匡哉：歩行状態を考慮した LiDAR によるデジタルキャンパスの臨場感に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 29, 2024.
- [5] Yufu, W., Yu, S., Priyanka, P., Kostas D., Michael, J. B. and Muhammed, K.: PromptHMR: Promptable Human Mesh Recovery, <https://arxiv.org/abs/2504.06397v2>, 2025.7.18.
- [6] Bernhard, K., Georgios, K., Thomas, L., George D.: 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering, ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol.42, No.4, pp.1–14, 2023.